6M

УДК 004.3.06

М.Г. Мамедова, Ф.Р. Мамедзаде
Институт информационных технологий НАНА, г. Баку, Азербайджан
ООО ИДРАК по трансферу технологий, г. Баку, Азербайджан
depart15@iit.ab.az, mmg51@mail.ru

Оценка потребности в ИТ-специальностях при нечеткой исходной информации

Информатизация различных сфер человеческой деятельности, способствующая диверсификации самого ИТ-сегмента рынка труда, с одной стороны, стимулирует трансформацию старых и появление новых ИТ-специальностей, с другой стороны, обусловливает дисбаланс между системой ИТ-образования и реальной структурой ИТ-рынка. Предложен подход к оценке потребности ИТ-рынка в разрезе ИТ-профессий и специальностей, базирующийся на нечетких многокритериальных методах принятия индивидуальных и коллективных экспертных решений.

Введение

Объявление сектора информационно-коммуникационных технологий (ИКТ) одной из приоритетных сфер экономического развития Азербайджана, массовая компьютеризация и превращение информации в глобальный ресурс, темпы роста ИТ-индустрии обусловили резко возросший спрос на ИТ-специалистов. Ежегодный рост доходов отрасли ИКТ в стране за последние годы, дальнейшая диверсификация экономики способствуют дальнейшему расширению и углублению сфер приложения ИТ и дают возможность предположить, что в ближайшие годы падения спроса на ИТ-специалистов не ожидается. Это предположение подтверждается также результатами мониторинга спроса и предложения на рынке ИТ-специалистов, проведенного Институтом информационных технологий Национальной академии наук Азербайджана [1]. Так, на сегодня спрос на ИТ-специалистов превышает предложение примерно в 3 раза, т.е. ИТ-специалистов на рынке требуется в три раза больше, чем готовят вузы страны.

Проникновение ИТ в самые разнообразные сферы человеческой деятельности способствует диверсификации самого ИТ-сегмента, что, с одной стороны, вызывает трансформацию старых ИТ-специальностей, с другой стороны, стимулирует появление на рынке новых. Такое развитие ситуации способствует возрастанию разрыва между системой ИТ-образования и рынком труда и приводит к тому, что сегодня по ряду новых ИТ-специальностей, востребованных на рынке труда, ни один вуз страны не готовит специалистов. Еще одной причиной дисбаланса спроса и предложения в разрезе ИТ-специальностей и специализаций является ориентация вузов на подготовку специалистов широкого профиля, в то время как на рынке труда востребованы специалисты в более узких предметных областях.

На сегодня проблема выявления структуры рынка труда, а также его потребностей в разрезе профессий и специальностей является одной из актуальных и пока недостаточно обследованных во многих странах, в том числе и в Азербайджане. Именно поэтому вопросы выявления спроса и предложения на различные профессии и специальности, переориентации системы образования на потребности рынка труда в ка-

честве приоритетных нашли свое отражение в ряде политических документов [2-4], предполагающих, в частности, решение таких важных задач, как выявление спроса и предложения на различные профессии и специальности; совершенствование подготовки кадров, конкурентоспособных на рынке труда; переориентация системы образования на потребности рынка труда, т.е. на требования работодателей к знаниям, навыкам и умениям выпускников и т.п.

Целью настоящей работы является разработка методов оценки потребности в ИТ-специальностях, позволяющих выявить степень востребованности последних на рынке труда.

Постановка задачи. Имеется заранее заданное множество ИТ-специальностей, выявленных путем обследования структуры ИТ-сегмента рынка труда. Требуется провести оценку потребности и упорядочение ИТ-специальностей от наиболее перспективной до менее востребованной с позиций спроса на рынке труда. При этом надо принять во внимание тот факт, что при ранжировании перечня специальностей (в порядке убывания или возрастания) учитывается спрос по той или иной ИТ-специальности в целом, а не вероятность трудоустройства каждого ИТ-специалиста или выпускника.

Следует отметить, что проблема выбора наиболее востребованных на рынке специальностей относится к категории слабоструктурированных задач, традиционно сводящихся к принятию решений [5]. Для реализации подобных задач существенную роль играет мнение лица, принимающего решение (ЛПР), и опыт, знания и интуиция экспертов, т.е. выбор решения связан с выявлением предпочтений последних. При этом предполагается, что интеллектуальная поддержка политики выбора в зависимости от ситуации может осуществляться в двух вариантах: 1) общие цели и политику выбора определяет конкретный руководитель – лицо, принимающее решение, который взаимодействует с одним или несколькими экспертами в процессе оценки альтернатив; 2) ЛПР и эксперт – одно и то же лицо. Эксперты участвуют в процессе оценки альтернатив по набору признаков, формирующих степень востребованности специальности на рынке, и выражают отношением предпочтения по каждому из них, а задача оценки потребности в ИТ-специальностях может быть сведена к упорядочению альтернатив при нечеткой исходной информации.

Для оценки потребности в ИТ-специальностях и их упорядочения по степени востребованности на рынке в статье предложены методы многокритериального индивидуального и коллективного принятия решений.

1. Рассмотрим метод анализа, выбора и упорядочения альтернатив (ИТ-специальностей) в случае, когда критериальные оценки одного эксперта задаются как степени удовлетворения альтернатив характеризующим их признакам (критериям, свойствам). Процесс принятия решения в данном случае сводится к рациональному выбору альтернатив с учетом набора признаков и предпочтений индивидуального эксперта или лица, принимающего решение.

Пусть $X = \{x_1, x_2, \dots, x_n\} = \{x_i, i = \overline{1, n}\}$ – множество альтернативных вариантов, в качестве которых выступает перечень ИТ-специальностей, подлежащих рассмотрению. Через $K = \{k_1, k_2, \dots, k_m\} = \{k_j, j = \overline{1, m}\}$ обозначим множество критериев (признаков, свойств), характеризующих альтернативы. Среди оцениваемых альтернатив необходимо выбрать наилучшие, т.е. наиболее перспективные ИТ-специальности, согласованные с целями, мотивами и предпочтениями ЛПР или эксперта.

В данном случае конкретная альтернатива (ИТ-специальность), с одной стороны, характеризуется отношением критериев к данной альтернативе, т.е. оценкой альтернативы по всем критериям, с другой стороны, отношением предпочтения этой альтернативы по каждому из критериев. Это означает, что для m критериев $K = \{k_1, k_2,..,k_m\} = \{k_j, j = \overline{1,m}\}$, присущих множеству альтернатив, может быть определено нечёткое множество

$$K = \{\mu_k(x_1) / x_1, \mu_k(x_2)/ x_2, \dots \mu_k(x_n) / x_n\},$$

где $\mu_k(x_i)\in[0,1]$ – оценка альтернативы x_i по критериям K, характеризующая степень удовлетворения альтернативы x_i всем критериям K. Степень удовлетворения множества альтернатив X критериям $K = \{k_j, j=\overline{1,m}\}$ определяется набором функций принадлежности

$$\mu_{k_j}(x_i) : X \times K \to [0,1], j=\overline{1,m},$$

где $\mu_{k_j}(x_i)$ выражает степень удовлетворения альтернативы x_i критерию k_j. Лучшей в данном случае считается альтернатива, удовлетворяющая как критерию k_1, так и $k_2,...,k_m$, т.е. $\Omega = k_1 \cap k_2 \cap ... \cap k_m$.

Тогда правило для выбора наилучшей (недоминируемой) альтернативы может быть записано в виде пересечения соответствующих нечётких множеств и сведено к многокритериальной задаче нечёткого математического программирования, для решения которой применим обобщенный подход Беллмана-Заде, учитывая при этом, что операции пересечения нечетких множеств соответствует операция min, выполняемая над их функциями принадлежности:

$$\mu_\Omega(x_i) = \min_{j=\overline{1,m}} \mu_{k_j}(x_i),\ i = \overline{1,n}.$$

В качестве наилучшей (эффективной) выбирается альтернатива x^*, имеющая наибольшее значение функции принадлежности

$$\mu_\Omega(x^*) = \max \min_{j=\overline{1,m}} \mu_{k_j}(x_i) = \max_{i=\overline{1,n}} \mu_\Omega(x_i),$$

которая соответствует ИТ-специальности, являющейся наиболее востребованной на рынке труда.

2. Метод многокритериального принятия коллективных решений, сводящийся к рациональному выбору альтернатив с учетом набора признаков и предпочтений нескольких экспертов, представляется следующим образом.

Пусть $X = \{x_1, x_2, ..., x_n\} = \{x_i, i = \overline{1, n}\}$ – множество альтернатив (ИТ-специальностей), среди которых необходимо выбрать наилучшую;

$K = \{k_1, k_2, ..., k_m\} = \{k_j, j = \overline{1,m}\}$ – множество критериев (признаков или свойств), присущих альтернативам. Множество допустимых альтернатив представляется двухмерной матрицей, в которой степень удовлетворения альтернативы x_i критерию k_j определяется функцией принадлежности

$$\varphi_{k_j}(x_i):X\times K\to[0,1],$$

где $\varphi_{k_j}(x_i)$ выражает степень удовлетворения альтернативы x_i критерию k_j.

Пусть G – множество экспертов, и для каждого $g\in G$ определено нечёткое отношение предпочтения на множестве альтернатив X, т.е. функция принадлежности вида $\psi:X\times X\times G\to[0,1]$. Значение $\psi(x_i, x_j, g)$ выражает отношение предпочтения на

множестве альтернатив, предлагаемое g-м экспертом, т.е. понимается как степень предпочтительности альтернативы x_i альтернативе x_j, предлагаемое экспертом g. При этом $\psi(x_i, x_j, g)$ обладает свойством рефлексивности, т.е. $\psi(x_i, x_j, g) = 1$ при любом $\forall x_i \in X$. Равенство $\psi(x_i, x_j, g) = 0$, означающее несравнимость альтернатив x_i, x_j между собой, отсутствует, так как мы предполагаем, что все альтернативы сравнимы между собой.

$\psi(x_i, x_j, g)$ определяется следующим образом:

$$\psi(x_i, x_j, g) = \begin{cases} 1 - \left[\varphi(x_j, g) - \varphi(x_i, g)\right], & \text{если } \varphi(x_j, g) \ge \varphi(x_i, g) \\ 1, & \text{если } \varphi(x_j, g) \le \varphi(x_i, g) \end{cases},$$

где $\varphi(x_i,g) = \min\{\varphi_{k_j}(x_i,g), j = \overline{1,m}\}$ и удовлетворяет указанным выше требованиям. По этой формуле со стороны каждого эксперта определяется матрица нечётких отношений предпочтения альтернатив.

С другой стороны, ЛПР неодинаково оценивает компетентность экспертов, приглашенных им для оценки альтернатив. Этот фактор отражается коэффициентом компетентности экспертов: $\gamma(g) \to [0,1]$, с учётом которого из выражения

$$\nu(g_1, g_2) = \begin{cases} 1 - \left[\gamma(g_2) - \gamma(g_1)\right], & \text{если } \gamma(g_2) \ge \gamma(g_1) \\ 1, & \text{если } \gamma(g_2) \le \gamma(g_1) \end{cases}$$

определяется $\nu: G \times G \to [0,1]$ – нечёткое отношение компетентности экспертов. Величина $\nu(g_1, g_2)$ понимается как степень, с которой эксперт g_1 компетентнее эксперта g_2 .

После этого задача сводится к рациональному выбору альтернатив из множества X с учётом описанной выше информации. Согласно [6] определяется $\psi^{\text{н.д.}}(x_i,g)$ – нечёткое подмножество недоминируемых альтернатив, соответствующее нечёткому отношению предпочтений $\psi(x_i, x_j, g)$ при фиксированном $g \in G$:

$$\psi^{\text{н.д.}}(x_i, g) = 1 - \sup_{x_j \in X}\left[\psi(x_j, x_i, g) - \psi(x_i, x_j, g)\right].$$

Альтернативы, доставляющие по возможности большее значение функции принадлежности $\psi^{\text{н.д.}}(x,g)$ на множестве X, совпадают с индивидуальным решением g-го эксперта.

Далее нечёткое отношение $\nu(g_1, g_2)$ обобщается на класс нечётких подмножеств множества G. Индуцированное нечёткое отношение на множестве *X* определяется следующим образом:

$$\eta(x_i, x_j) = \sup_{g_1, g_2 \in G} \min\{\psi^{\text{н.д.}}(x_i,g_1), \psi^{\text{н.д.}}(x_j,g_2), \nu(g_1,g_2)\}.$$

Это нечёткое отношение предпочтения является результатом «свёртки» семейства нечётких отношений $\psi(x_i,x_j,g)$ в единое результирующее нечёткое отношение предпочтений с учётом информации о компетентности экспертов в данной предметной области.

Таким образом, задача выбора альтернатив с несколькими отношениями предпочтения сводится к задаче выбора альтернатив с единственным отношением предпочтения. Для её решения на основе индуцированных отношений предпочтения на множестве альтернатив $\eta(x_i,x_j)$ определяется соответствующее множество недоминируемых альтернатив

$$\tilde{\eta}^{\text{н.д.}}(x_i) = 1 - \sup_{x_j \in X}\left[\eta(x_j, x_i) - \eta(x_i, x_j)\right].$$

Наконец, из выражения

$$\eta^{н.д.}(x_i) = \min\{\tilde{\eta}^{н.д.}(x_i), \eta(x_i, x_j)\}$$

определяется скорректированное нечёткое множество недоминируемых альтернатив и выбирается альтернатива, доставляющая максимум функции $\eta^{н.д.}(x)$

$$\eta^{н.д.}(x) = \sup_{x_j \in X} \eta(x_i),$$

которая представляет собой наиболее эффективную альтернативу. Выбранная альтернатива является результирующим групповым решением выбора и совпадает с одним из индивидуальных решений.

Для практической реализации задачи оценки потребности в ИТ-специальностях использован перечень последних, базирующийся на результатах проведенного сотрудниками Института информационных технологий НАНА мониторинга ИТ-сегмента рынка труда, данные об ИТ-профессиях и специальностях, по которым ведется обучение в системе образования Азербайджана; тарифно-квалификационный справочник профессий, должностей; статистические данных Главного управления по занятости; объявления о вакансиях в республиканских периодических изданиях, заявки работодателей на заполнение вакантных мест в веб-сайтах рекрутерских фирм. В итоге весь перечень ИТ-специальностей объединен в 14 укрупненных групп ИТ-специальностей.

Для сравнения ИТ-специальностей (альтернатив) большое значение имеет наличие надежных критериев (признаков) оценки последних. Эти критерии, с одной стороны, должны характеризовать ИТ-специальности с позиций соотношения спроса и предложения на рынке, с другой стороны, допускать их ранжирование, т.е. упорядочение в порядке возрастания или убывания. При этом критерии, характеризующие альтернативы, могут быть как количественными (например, заработная плата по оцениваемой специальности), так и качественными (например, возможности карьерного роста).

Для отбора критериев и шкал оценок приоритетных ИТ-специальностей проведено обсуждение с ведущими специалистами Института информационных технологий Национальной академии наук Азербайджана, Министерства образования, ИТ-индустрии и составлен перечень последних. В качестве критериев, применяемых к оценке ИТ-специальностей, выделены следующие:

1. Степень приоритета специальности как в разрезе отрасли, так и в других отраслях экономики.
2. Возможности карьерного роста (перспективы продвижения по служебной лестнице) как в разрезе отрасли, так и в других отраслях экономики.
3. Заработная плата по оцениваемой ИТ-специальности.
4. Спрос по оцениваемым ИТ-специальностям с позиций трудоустройства.
5. Предложение по оцениваемым ИТ-специальностям с позиций трудоустройства.

Шкалы оценки критериев имеют различные удобные и понятные для экспертов качественные градации, упорядоченные от наилучшей к наихудшей, и их нечёткие соответствия.

Экспертная оценка и логические расчеты с применением предложенных методов по всем 14 оцениваемым группам ИТ-специальностей позволили получить следующее упорядочение:

1. Программист.
2. Программист-разработчик (Web, SQL, Java, NET и т.п.).
3. Специалист по информационной безопасности.
4. Специалист по информационным системам.

5. Специалист по системному администрированию (системный администратор).
6. Администратор баз данных.
7. Специалист по коммуникациям.
8. Менеджер информационных технологий.
9. Менеджер по продажам и маркетингу решений и сложных технических систем.
10. ИТ-исследователь.
11. Консультант по внедрению ИТ-решений.
12. Инженер-электронщик.
13. Системный аналитик.
14. Системный архитектор.

Проверка предложенного подхода осуществлялась путем сравнительного анализа с результатами мониторинга спроса и предложения на ИТ-специальности [1], а также с профессиональной направленностью вакансий на ИТ-специальности, объявленных в СМИ, веб-сайтах служб занятости, рекрутерских фирм. Так, анализ динамики вакансий по указанным выше ИТ-специальностям на 80 – 85% подтверждает полученное упорядочение, т.е. ИТ-специальности, попавшие согласно предложенной методике оценки в категорию приоритетных, являются также наиболее востребованными на рынке труда.

Литература

1. Мамедова М.Г. Мониторинг спроса на специалистов по информационным технологиям / Мамедова М.Г., Джабраилова З.Г., Манафлы М.И. – Баку, 2009. – 199 с.
2. Государственная программа по развитию связи и информационных технологий в Азербайджанской Республике («Электронный Азербайджан») (2003 – 2008 гг.). – Баку, 21 октября 2005 г.
3. Государственная программа по имплементации стратегии занятости (2007 – 2010 гг.). – Баку, 15 мая 2007 г.
4. Государственная программа по обучению азербайджанской молодежи за границей (2007 – 2015 гг.). – Баку, 16 апреля 2007 г.
5. Мамедова М.Г. Принятие решений на основе баз знаний с нечеткой реляционной структурой / Мамедова М.Г. – Баку : Элм, 1997. – 296 с.
6. Орловский С.А. Проблемы принятия решений при нечеткой исходной информации / Орловский С.А. – М. : Наука, 1981. – 208 с.

М.Г. Мамедова, Ф.Р. Мамедзаде

Оцінка потреби в ІТ-спеціальностях при нечіткій вихідній інформації

Інформатизація різних сфер людської діяльності, що сприяє диверсифікації самого ІТ-сегмента ринку праці, з одного боку, стимулює трансформацію старих і появу нових ІТ-спеціальностей, з іншого боку, обумовлює дисбаланс між системою ІТ-освіти і реальною структурою ІТ-ринку. Запропонований підхід до оцінки потреби ІТ-ринку в розрізі ІТ-професій і спеціальностей, які базуються на нечітких багатокритеріальних методах прийняття індивідуальних і колективних експертних рішень.

M.G. Mamedova, F.R. Mamedzade

On Estimation of Need of the IT-specialistes Based on Fuzzy Initial information

Informatization of various spheres of the human activity, fostering the diversification the IT-segment of a labour market, stimulates transformation of old and occurrence of new IT-specialities on the one hand, and causes imbalance between existing IT-education system and real structure of the IT-market on the other hand. In article the approach to an estimation of need of the IT-market through a sectional view of IT-specialities, based on fuzzy multicriterial methods of making of individual and collective expert decisions is offered.

Статья поступила в редакцию 29.06.2010.